



Обзор докладов конференции IC3D 2012

Александр Воронов

*Video Group
CS MSU Graphics & Media Lab*



Содержание

- A Human Visual System-Based 3D Video Quality Metric
- Advanced Histogram Matching
- A Stereoscopic Content Analysis System with Visual Discomfort-Aware
- View Synthesis for Lightfield Displays



HV3D Metric

A Human Visual System-Based 3D Video Quality Metric

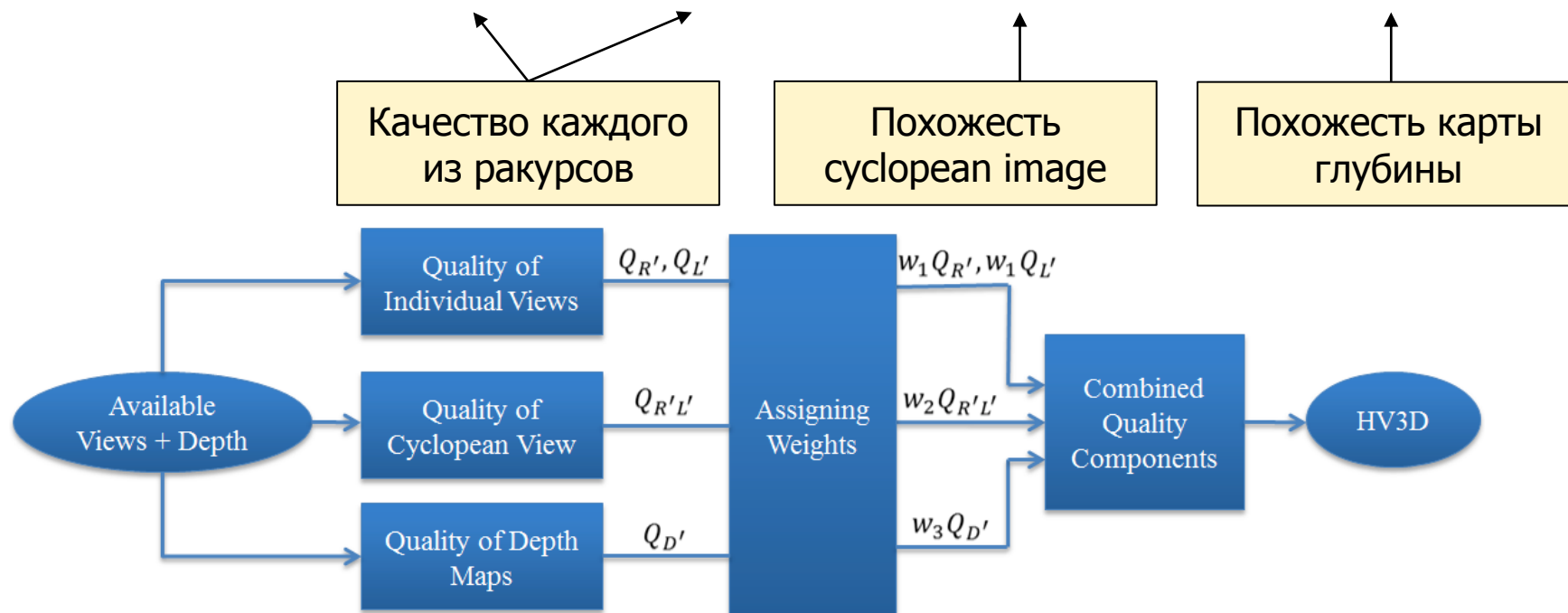
Докладчик: Mahsa T. Pourazad
(University of British Columbia, Canada)

Суть: ещё одна full-reference-метрика
качества стереовидео

HV3D Metric

Общая идея

$$HV3D = w_1 Q_{R'} + w_1 Q_{L'} + w_2 Q_{R'L'} + w_3 Q_{D'}$$



Сyclopean image — изображение, получаемое при совмещении информации из левого и правого ракурсов

HV3D Metric

Оценка качества для каждого ракурса

$$w_1 Q_{R'} = w_1 VIF(Y_R, Y_{R'}) + w_4 VIF(U_R, U_{R'}) \\ + w_4 VIF(V_R, V_{R'})$$

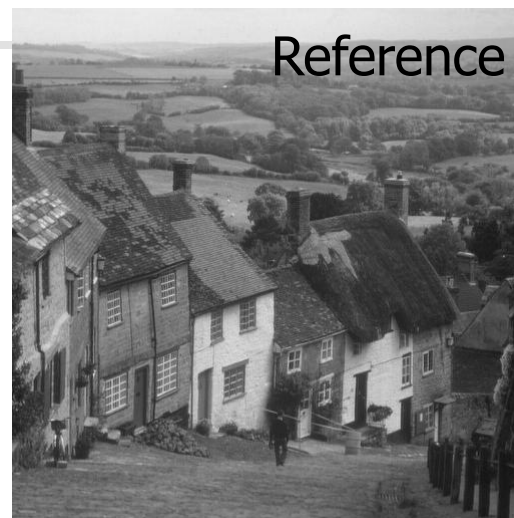
VIF — Visual Information Fidelity

- Full-reference-метрика
- Рассчитана на оценку качества естественных изображений
- Авторы: Hamid Sheikh и Alan Bovik (VPQM, 2006)

HV3D Metric

VIF: пример работы

- Reference image, VIF = 1,0
- Contrast enhanced, VIF = 1,10
- Blurred, VIF = 0,07
- JPEG compressed, VIF = 0,10



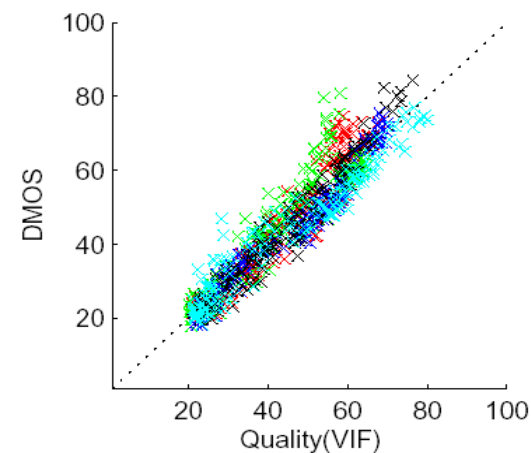
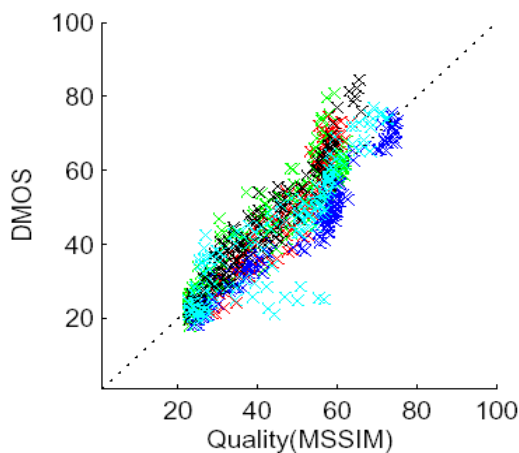
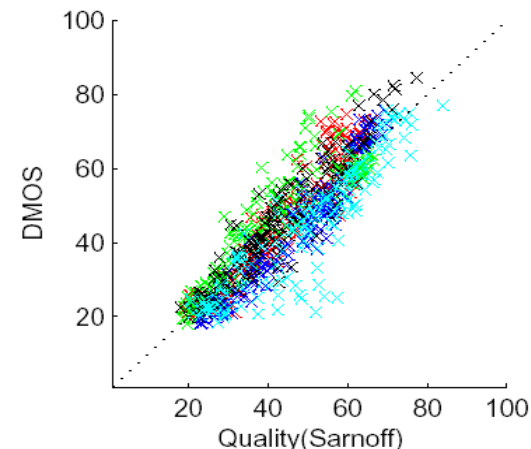
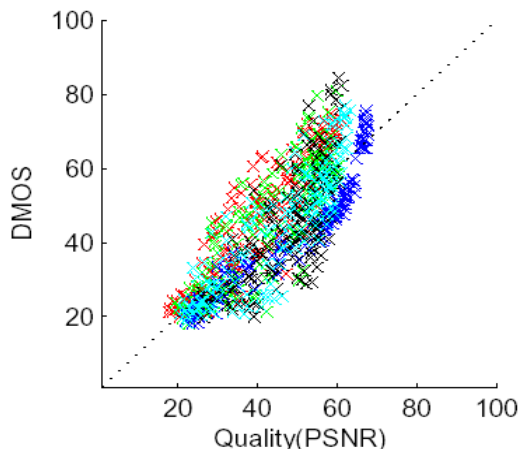
HV3D Metric

VIF: сравнение с другими метриками

DMOS vs. four objective quality criteria

Distortion types:

- JPEG2000 (red)
- JPEG (green)
- White noise in RGB space (blue)
- Gaussian blur (black)
- Transmission errors in JPEG 2000 stream over fast-fading Rayleigh channel (cyan)



HV3D Metric

Похожесть cyclopean image

Вычисление метрики:

1. Block-matching между ракурсами (16×16)
2. Вычисление 3D-DCT для каждой пары блоков (далее учитывается только верхний слой — 16×16 DCT-блок)
3. Применение contrast sensitivity function
4. IDCT и сравнение cyclopean images

HV3D Metric

3D-DCT и CSF

Contrast Sensitivity Function (CSF)

используется для выделения частот, к которым наиболее восприимчива зрительная система человека

$$XC = \sum_{i=1}^{16} \sum_{j=1}^{16} C_{i,j} X_{i,j}$$

CSF-коэффициенты

DCT-коэффициенты

В данной работе используются таблицы квантования алгоритма JPEG

HV3D Metric

Похожесть cyclopean image

$$Q_{R'L'} = VIF(D, D')^\beta \sum_{i=1}^N \frac{SSIM(IDCT(XC_i), IDCT(XC'_i))}{N}$$

Карты глубины
для исходного
и оцениваемого стерео

Количество блоков
в каждом ракурсе

IDCT — Inverse DCT

$$\beta = 0,7$$

Построение карт глубины:

Depth Estimation Reference Software (MPEG)

HV3D Metric

Похожесть карты глубины

$$Q_{D'} = VIF(D, D')^\beta \sum_{i=1}^N \frac{\sigma_{d_i}^2}{N \cdot \max(\sigma_{d_i}^2 \mid i = 1, 2, \dots, N)}$$

$$\sigma_{d_i}^2 = \frac{1}{64 \times 64 - 1} \sum_{k,l=1}^{64} (M_d - R_{k,l})^2$$

Среднее значение
глубины блока

Значение глубины
в пикселе (k, l)

$\sigma_{d_i}^2$ — дисперсия блока 64×64 карты глубины референсного изображения (вокруг 16×16)

HV3D Metric

Итоговое значение

$$HV3D = w_1 Q_{R'} + w_1 Q_{L'} + w_2 Q_{R'L'} + w_3 Q_{D'}$$

Константы подобраны на основе данных субъективного тестирования

w_1	w_2	w_3	w_4
0.14	0.1208	0.05	0.1353

↑
Вес для разницы по U- и V-компонентам

HV3D Metric

Валидация



Вносимые искажения:

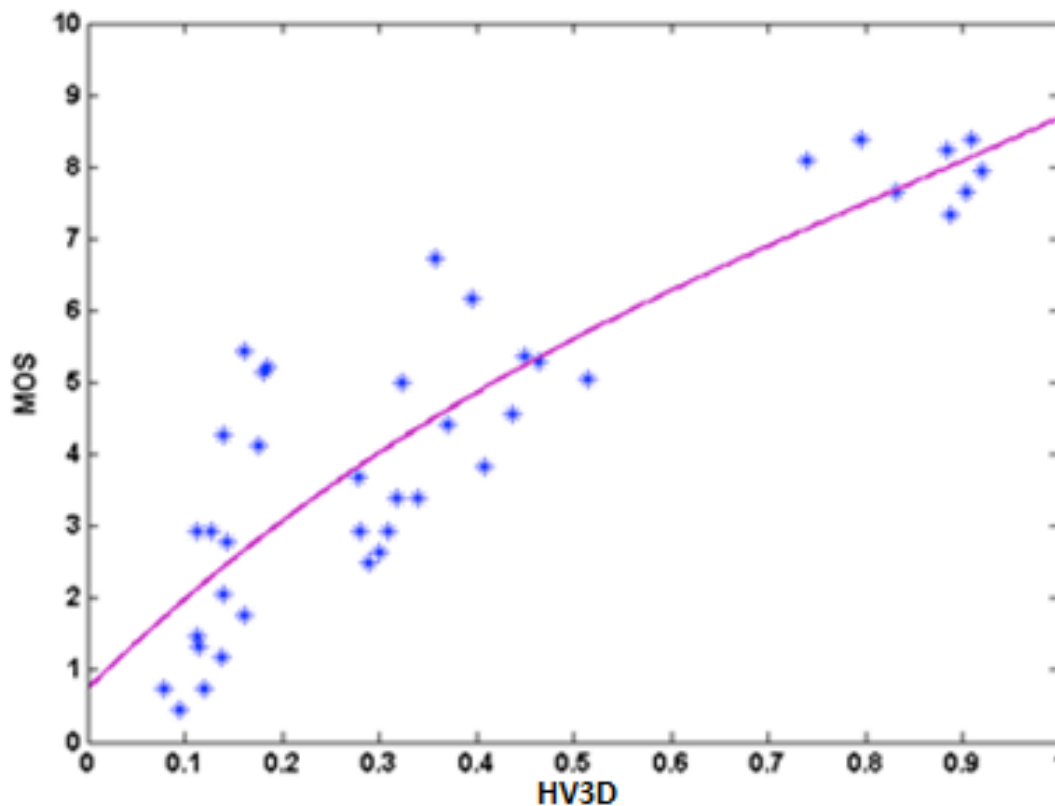
- Белый гауссов шум
- Сжатие (HEVC)
- Сглаживание Гауссовым фильтром
- Изменение яркости одного из ракурсов

DATASETS

	Sequence	Resolution	Frame Rate (fps)	Number of Frames
Training set	Soccer2	1080×1920 (upsampled from 480x720)	30	450
	Flower	1080×1920 (upsampled from 270x480)	30	112
	Horse	1080×1920 (upsampled from 270x480)	30	140
	Car	1080×1920 (upsampled from 270x480)	30	235
Validating set	Cokeground	1080×1920	30	210
	Ball	1080×1920	30	150
	Alt-Moabit	1080×1920 (upsampled from 384x512)	30	100
	Hands	1080×1920 (upsampled from 270x480)	30	251

HV3D Metric

Результаты



Корреляция с данными субъективных тестов $\approx 0,86$

HV3D Metric

Выводы

Достоинства:

- Учёт качества cyclopean image
- Применимость к сконвертированному стерео (нужен подбор коэффициентов на соотв. базе)

Недостатки:

- Зависимость от разрешения и размера дисплея
- Использование карт глубины низкого качества



Содержание

- A Human Visual System-Based 3D Video Quality Metric
- **Advanced Histogram Matching**
- A Stereoscopic Content Analysis System with Visual Discomfort-Aware
- View Synthesis for Lightfield Displays

Advanced HM

Введение

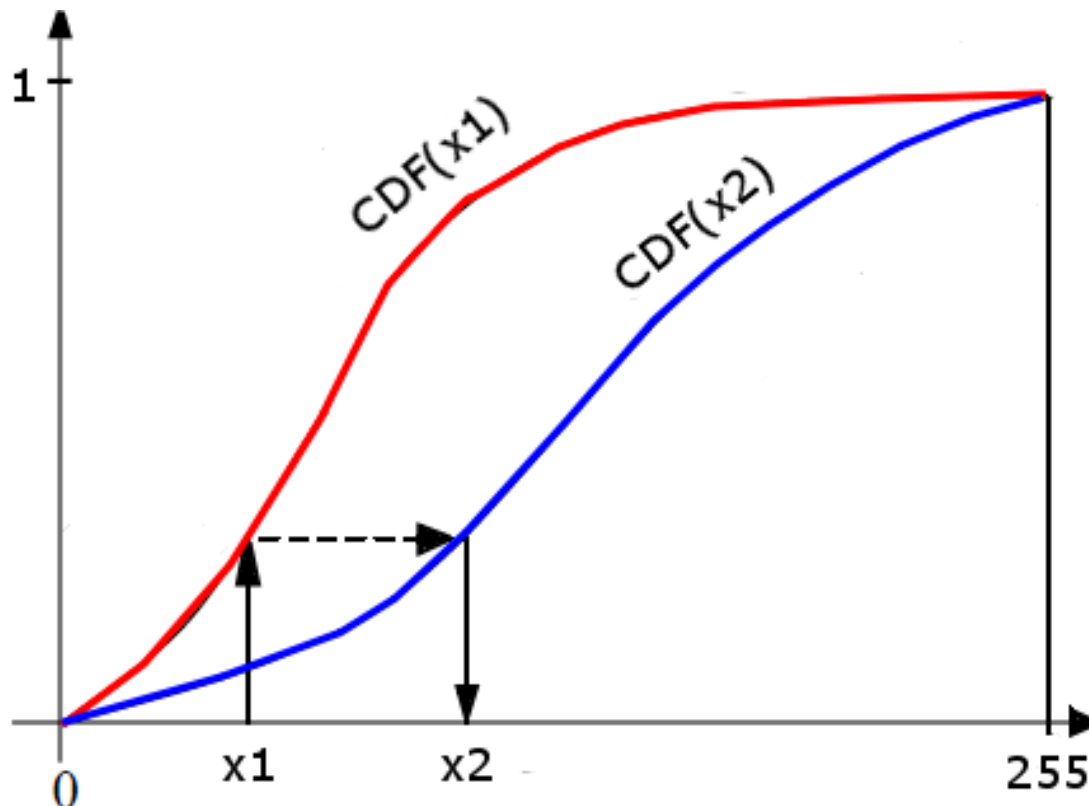
Preserving Dynamic Range by Advanced Color Histogram Matching in Stereo Vision

Докладчик: Jean-Claude Rosenthal,
Fraunhofer Heinrich Hertz Institute

Суть: histogram-matching-коррекция без ступенек на градиентах

Advanced HM

Обычный Histogram Matching



Поиск преобразования, совмещающего
гистограммы входных изображений

Advanced HM

Алгоритм

1. Обычный Histogram Matching
(базовое преобразование)
2. Применение базового преобразования
к исходной картинке
(промежуточный результат)
3. Поиск «ступенек» по гистограмме промежуточного
результата
4. Коррекция базового преобразования
в цветовых диапазонах со «ступеньками»
(улучшенное преобразование)
5. Применение улучшенного преобразования
(финальная картинка)

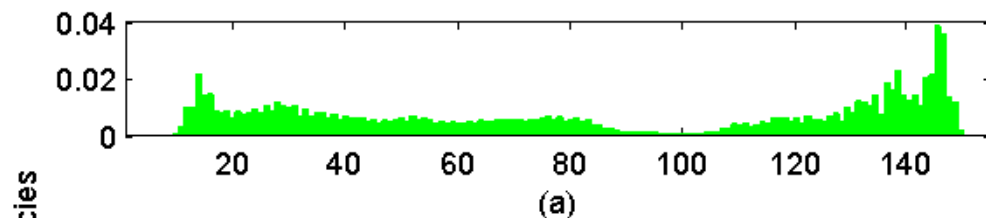
Advanced HM

Пример «ступенек»

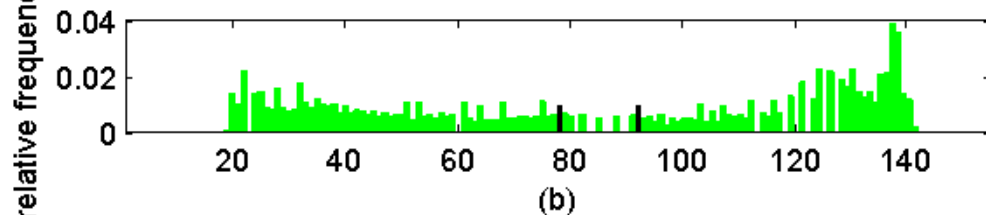


Advanced HM

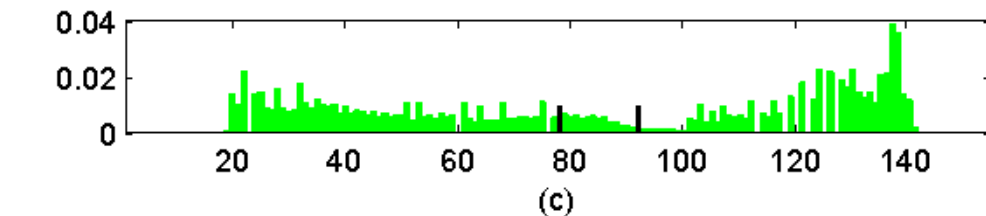
Пример работы для гистограммы



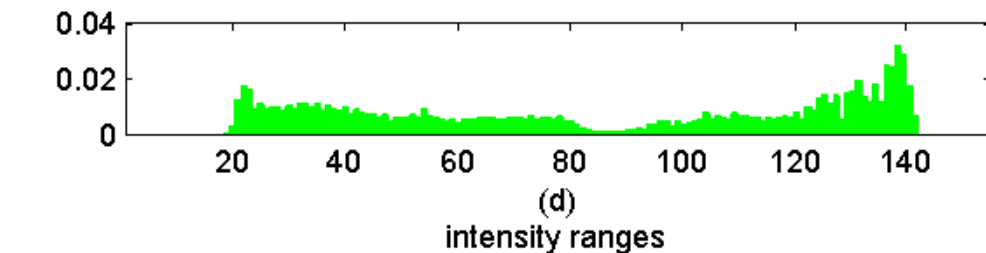
Исходная гистограмма



Histogram Matching



Advanced Histogram Matching



Референсная гистограмма

Advanced HM

Формально

Критерий определения интервала со «ступеньками»:

$$\frac{\left(\sum_{j=a}^{j=b} R[j]\right)}{b - a} > \beta$$

$R[j]$ — количество нулевых столбцов гистограммы в окрестности $j \pm 2$

$[a, b]$ — рассматриваемый интервал
(рекомендуется $2 < b - a < 30$)

β — порог (рекомендуется 1/2)

Advanced HM

Результаты (1)



Референсное изображение

Advanced HM

Результаты (1)



Базовый HM

Advanced HM

Результаты (1)



Продвинутый HM

Advanced HM

Результаты (2)



Исходное изображение

Advanced HM

Результаты (2)



Референсное изображение

Advanced HM

Результаты (2)



Базовый HM

Advanced HM

Результаты (2)



Продвинутый HM

Advanced HM

Результаты (2)



Референсное изображение

Advanced HM

Планы авторов

- Интеграция в оборудование для стереосъёмки
- Улучшение темпоральной стабильности (усреднение по кадрам)
- Учёт локальных особенностей
- Адаптация для многокамерных систем

Advanced HM

Как переключить авторов

- Довести до ума «градиентное» исправление
- Попробовать применить Guided Filter к разнице между картинками до и после HM

Advanced HM

Выводы

Достоинства:

- Высокая скорость
- Визуальное качество относительно базового HM

Недостаток:

- «Это всё ещё Histogram Matching»
(узкий класс решаемых проблем)



Содержание

- A Human Visual System-Based 3D Video Quality Metric
- Advanced Histogram Matching
- **A Stereoscopic Content Analysis System with Visual Discomfort-Aware**
- View Synthesis for Lightfield Displays

Stereo Content Analysis

Введение



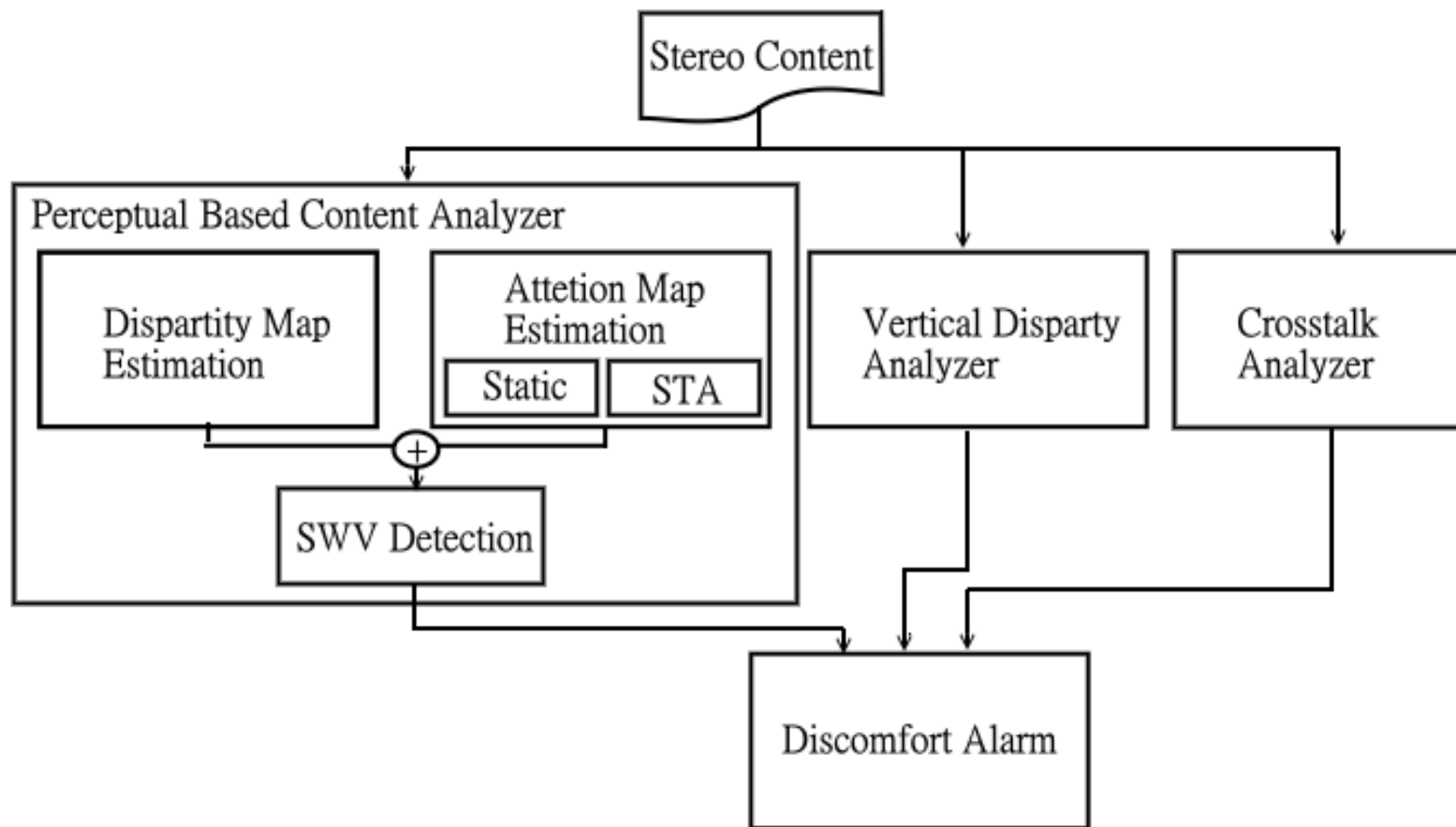
A Stereoscopic Content Analysis System with
Visual Discomfort-Aware

Докладчик: Sei-Wang Chen,
National Normal Taiwan University

Суть: система для контроля качества
стереосъёмки на лету

Stereo Content Analysis

Схема алгоритма



Stereo Content Analysis

Построение карты диспаратитета

Random Walk Framework

- Предложен для сегментации с пользовательским вводом:
Leo Grady, CVPR, 2005
- Применение для оценки диспаратитета:
Rui Shen и компания, ICPR, 2008

Stereo Content Analysis

Построение карты диспаратета

- Изображение представляется в виде графа (количество вершин = количество пикселей)
- Сегментация на m кластеров (m — количество градаций диспаратета)
- $E_{\text{coherence}}$ term — связность (похожесть) пикселей
- E_{prior} term — начальные значения диспаратета
- Построение карты диспаратета сводится к решению системы линейных уравнений

Stereo Content Analysis

Random Walk

Случай бинарной сегментации:

- Вводятся дополнительные вершины классов объекта и фона
- Вершины, соответствующие размеченным пикселям, соединяются с вершинами классов
- Для каждого неразмеченного пикселя оценивается вероятность того, что random walker придёт в заданный класс

Stereo Content Analysis

Заполнение областей открытия

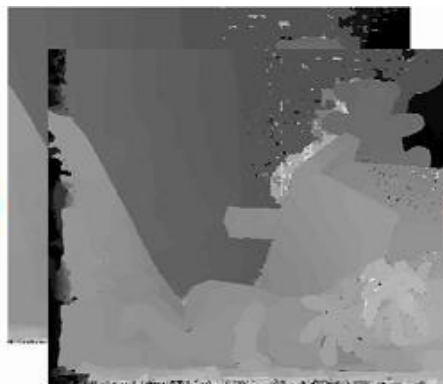
- Пиксель принадлежит области открытия:
LRC-метрика > 1
- Диспаритет в области открытия равен минимальному диспаритету среди пикселей, примыкающих к области открытия

Stereo Content Analysis

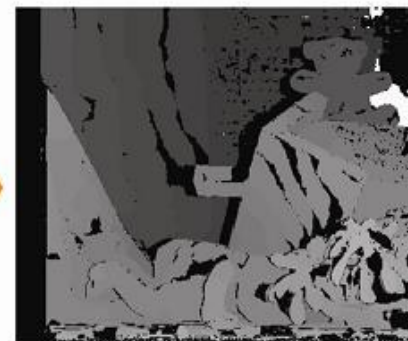
Пример работы Random Walk



(a) input stereo pair



(b) initial disparity maps



(c) reliable matching pixels



(d) after textureless region handling



(e) final disparity map

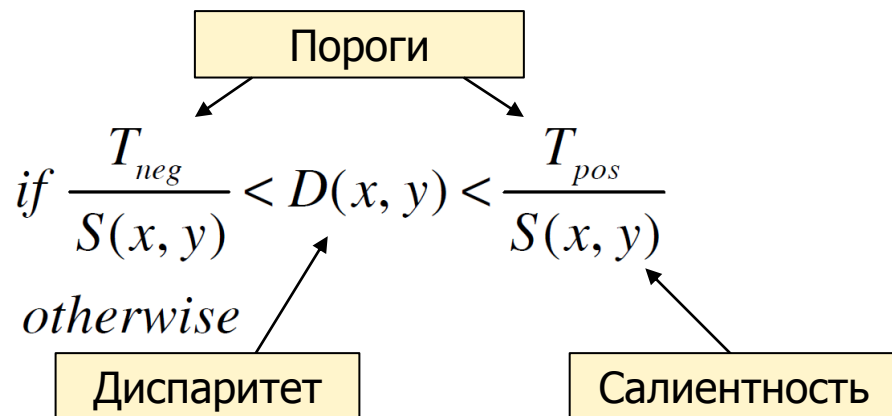
Stereo Content Analysis

Saliency Maps and Excessive Parallax

Линейная комбинация двух методов:

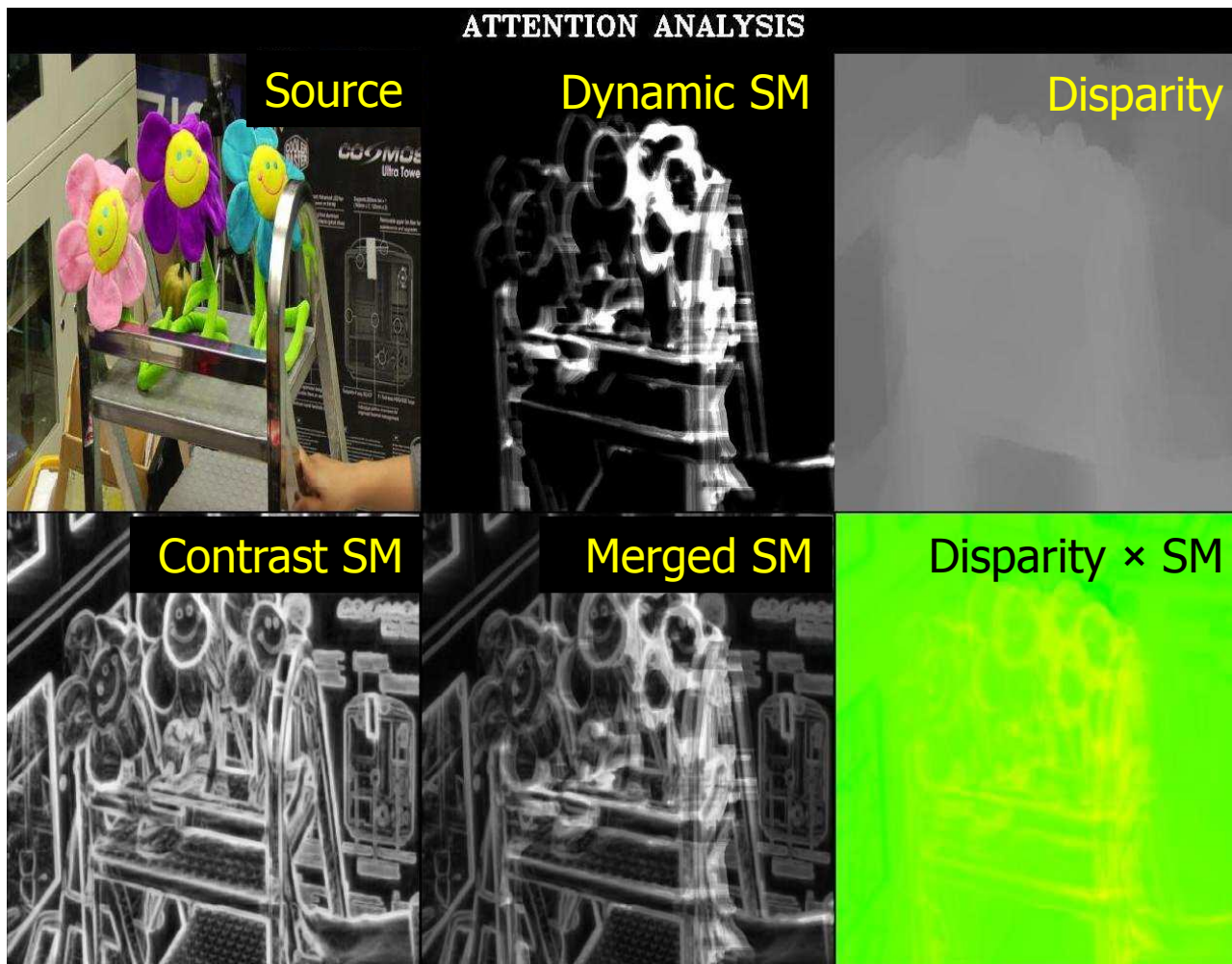
- Метод, оценивающий контрастность (Y.-F. Ma, Intl. Conf. on Multimedia, 2003)
- Метод, оценивающий временные изменения (C.-Y. Fang, IEEE Trans. on Neural Networks, 2003)

$$Class(x, y) = \begin{cases} Safe \\ Discomfort \end{cases}$$



Stereo Content Analysis

Saliency Maps: пример



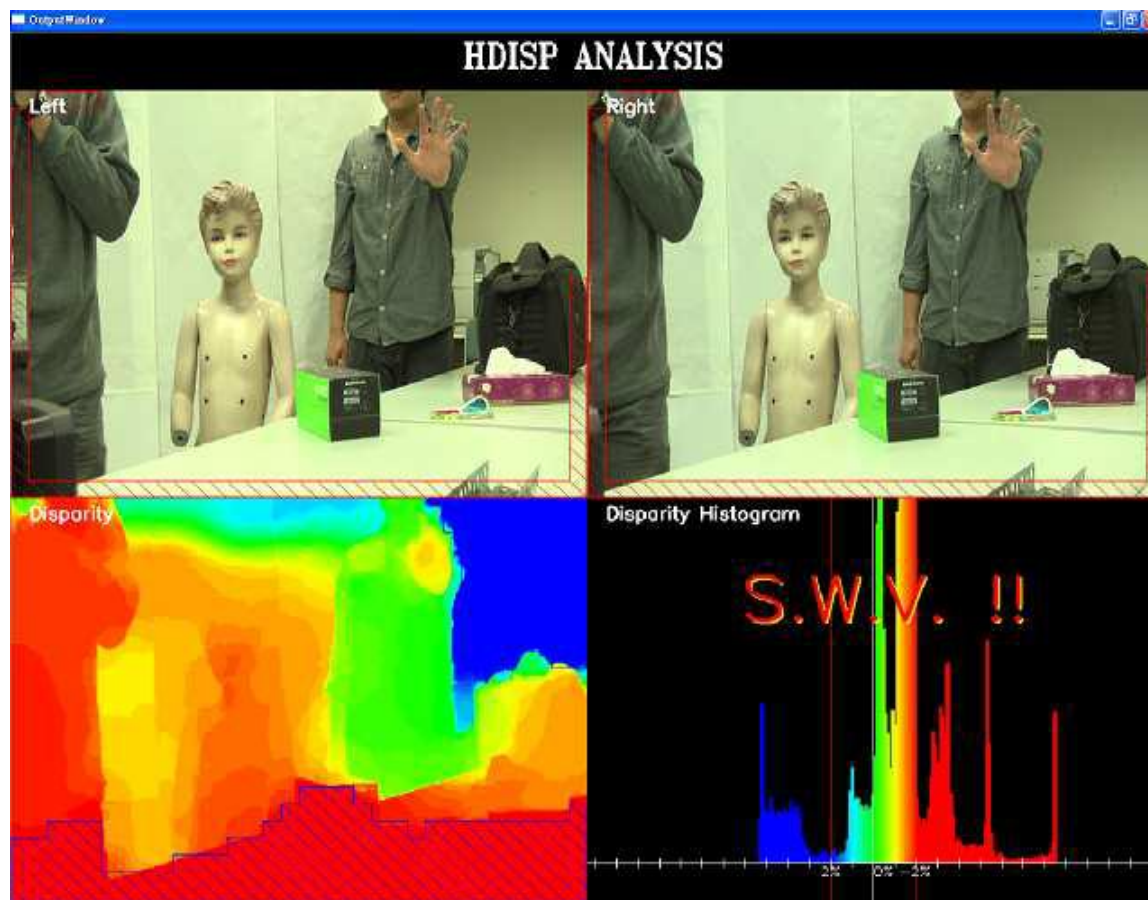
Stereo Content Analysis

Stereo Window Violation

- Поблочно рассматривается область вдоль границы кадра
- Если количество пикселей с отрицательным параллаксом в блоке больше порога, бьём тревогу

Stereo Content Analysis

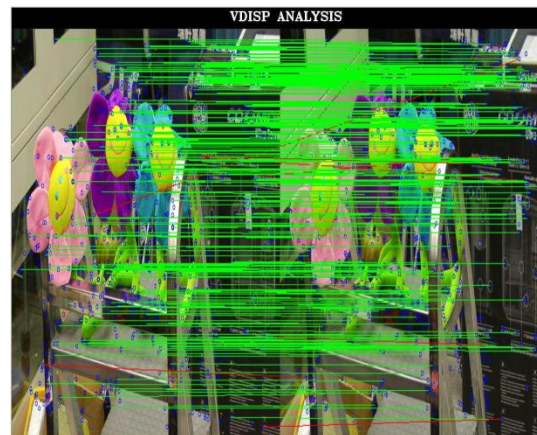
Stereo Window Violation: пример



Stereo Content Analysis

Вертикальный параллакс и Crosstalk

Вертикальный параллакс:
SURF + сопоставление



Crosstalk: области
с ВЫСОКИМ КОНТРАСТОМ



Stereo Content Analysis

Реализация

Три компьютера (PC-based architecture):

- Ввод-вывод (Full HD)
- Числодробилка
- Беспроводной вывод (Wi-Fi и мобильные приложения)

Скорость: 2 fps



Stereo Content Analysis

Выводы



Достоинство:

- Работает и применимо при съёмке

Недостаток:

- Нет обоснования использованию выбранных подходов (Random Walk, SM)



Содержание

- A Human Visual System-Based 3D Video Quality Metric
- Advanced Histogram Matching
- A Stereoscopic Content Analysis System with Visual Discomfort-Aware
- **View Synthesis for Lightfield Displays**

View Synthesis for LFD

Введение

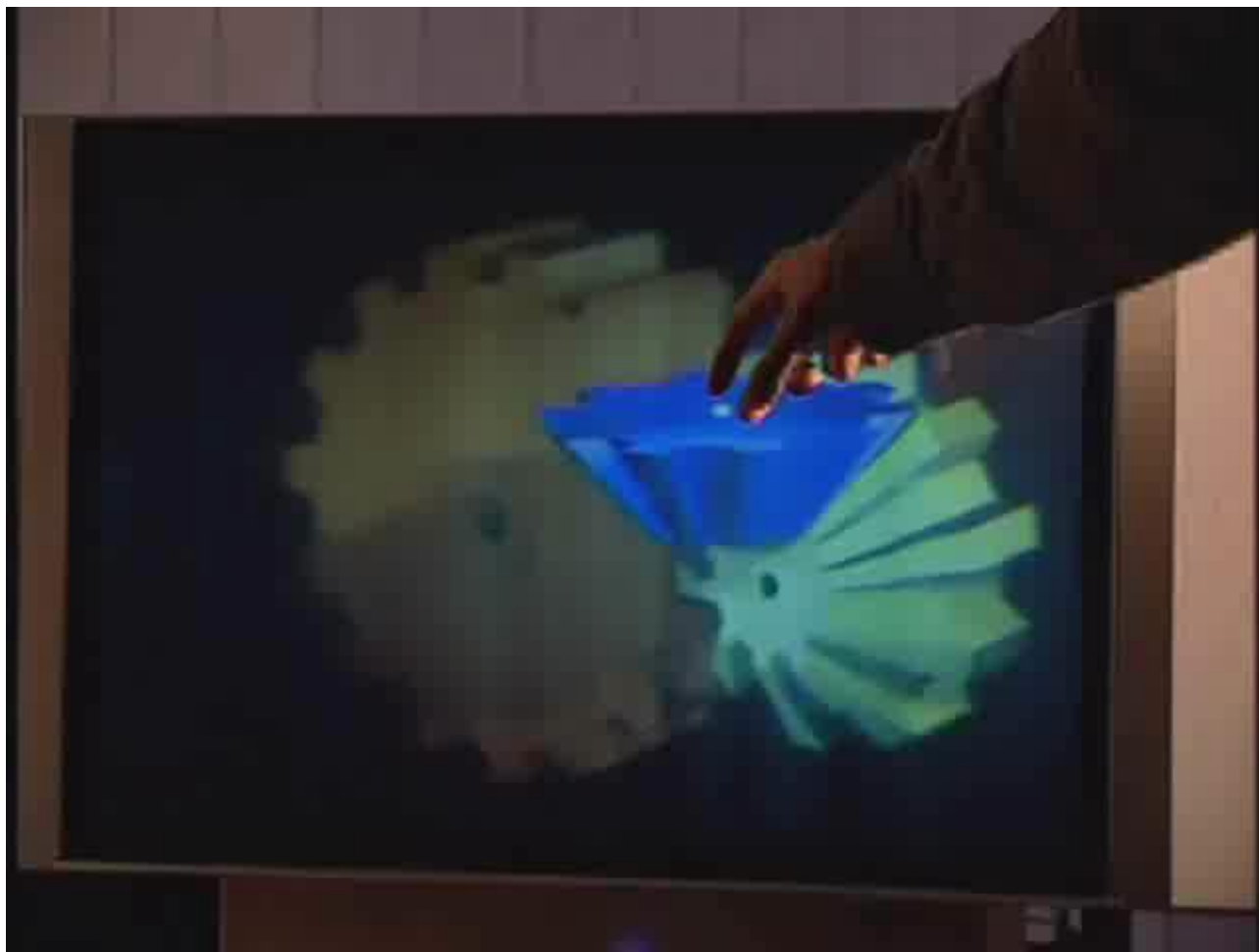
View Synthesis for Lightfield Displays Using Region Based Non-Linear Image Warping

Докладчик: Vamsi Kiran Adhikarla,
Holografika + Pazmany Peter Catholic University,
Faculty of information Technology (Венгрия)

Суть: дешёвый способ генерации большого
количества ракурсов из небольшого

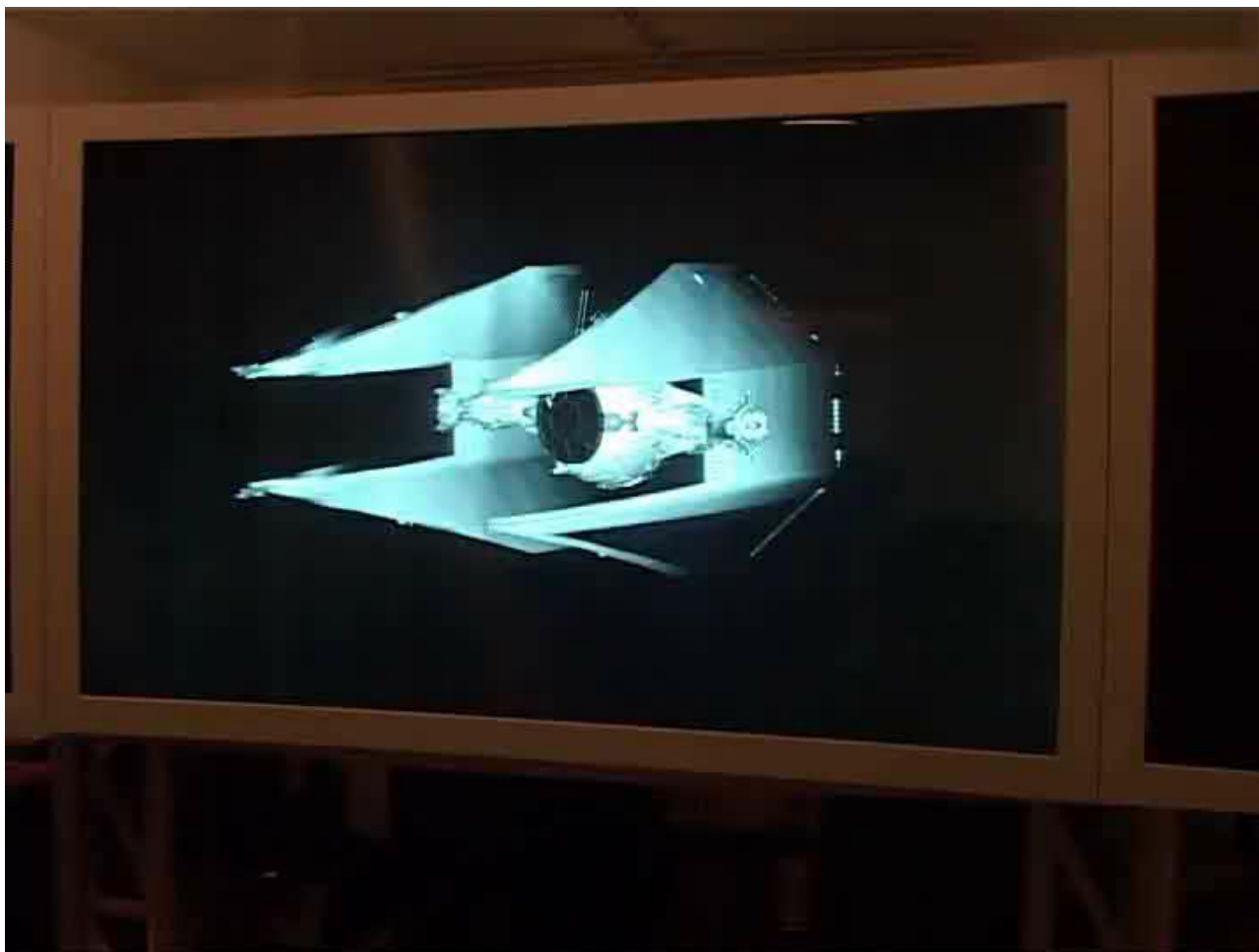
View Synthesis for LFD

Lightfield Displays: демо номер раз



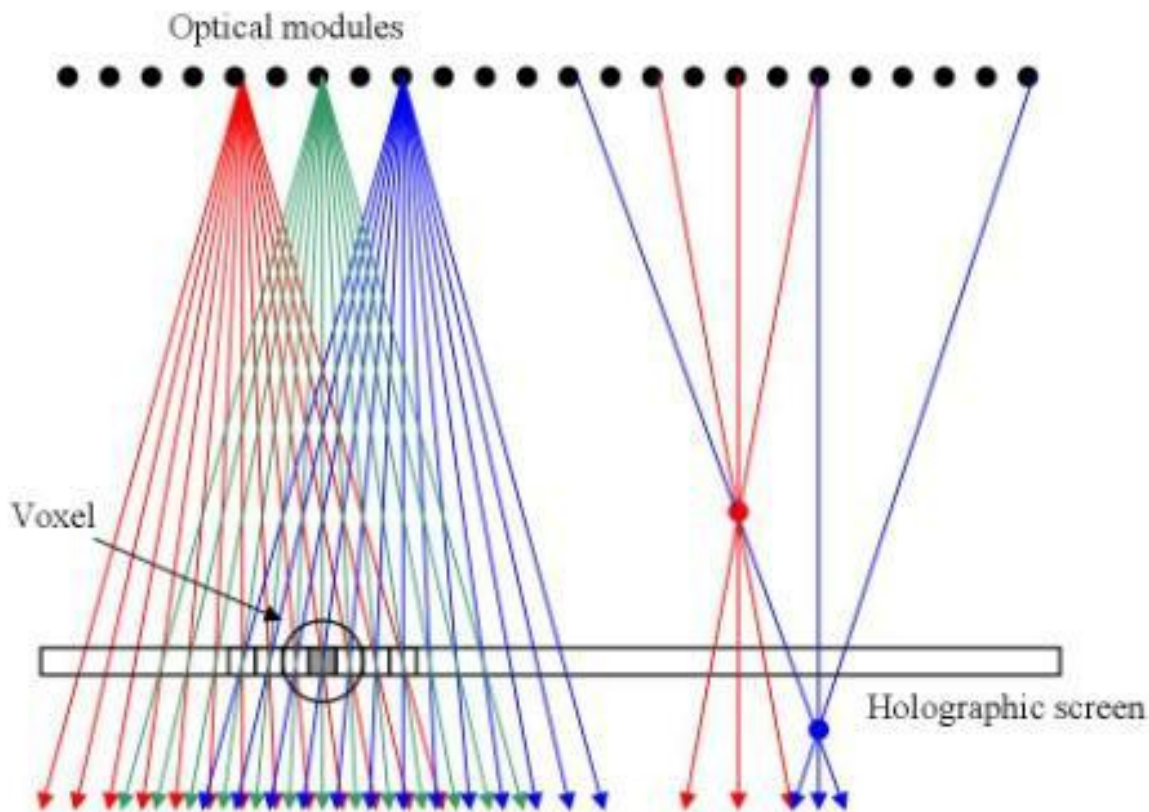
View Synthesis for LFD

Lightfield Displays: демо номер два



View Synthesis for LFD

Lightfield Displays



Принцип работы Lightfield-дисплеев

View Synthesis for LFD

Lightfield Displays: свойства

Преимущества Lightfield-дисплеев:

- Больше количество ракурсов
- Большой угол обзора (одна view-зона)
- Плавный переход между ракурсами

Недостатки:

те же, что и у автостереоскопических дисплеев,
только ещё серьёзнее

View Synthesis for LFD

Предложенный алгоритм

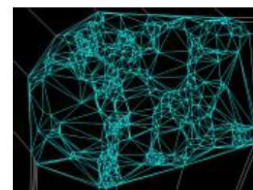
Input images



Sparse disparity estimation



Warp calculation



Warping and blending



Synthetic images



View Synthesis for LFD

Disparity Estimation + Warp Calculation

Sparse Disparity Estimation:

- SURF
- Точки сопоставляются сквозь все ракурсы



Warp Calculation:

- Триангуляция Делоне \rightarrow triangular mesh
- Положение точки в промежуточном ракурсе — линейная комбинация координат в исходных ракурсах
- Для каждого треугольника вычисляется линейное преобразование

View Synthesis for LFD

Warping and Blending

Warping:

бикубическая интерполяция двух соседних исходных ракурсов

Смешивание:

линейная комбинация результатов интерполяции исходных ракурсов

Экстраполяция:

все вычисления выполняются по двум крайним ракурсам

View Synthesis for LFD

Результаты (1)

Результаты авторы представили ужасно



(a)

(b)

(c)

(d)

(e)

(f)



(g)

(h)

(i)

(j)

(k)

View Synthesis for LFD

Результаты (2)

Но проблемы показали хорошо



Фрагменты сгенерированных промежуточных ракурсов

View Synthesis for LFD

Выводы

Достоинства:

- Лучше, чем DIBR
- Низкая вычислительная сложность (авторы собираются довести до реалтайма)

Недостатки:

- Ghosting и отсутствие обработки областей перекрытия
- Артефакты при низкой плотности особых точек



Содержание

- A Human Visual System-Based 3D Video Quality Metric
- Advanced Histogram Matching
- A Stereoscopic Content Analysis System with Visual Discomfort-Aware
- View Synthesis for Lightfield Displays

Литература (1)

1. Amin Banitalebi-Dehkordi, Mahsa T. Pourazad, and Panos Nasiopoulos, "A Human Visual System-Based 3D Video Quality Metric," *International Conference on 3D Imaging*, 2012.
2. Hamid R. Sheikh and Alan C. Bovik, "A visual information fidelity approach to video quality assessment," *The First International Workshop on Video Processing and Quality Metrics for Consumer Electronics*, pp. 23–25, 2005.
3. Jean-Claude Rosenthal, Frederik Zilly, and Peter Kauff, "Preserving Dynamic Range by Advanced Color Histogram Matching in Stereo Vision," *International Conference on 3D Imaging*, 2012.
4. An-Chun Luo, Wei-Jia Huang, Wen-Chao Chen, Chung-Wei Lin, Sei-Wang Chen, "A Stereoscopic Content Analysis System with Visual Discomfort-Aware," *International Conference on 3D Imaging*, 2012.
5. Rui Shen, Irene Cheng, Xiaobo Li, and Anup Basu, "Stereo matching using random walks," *IEEE 19th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 1---4, 2008.

Литература (2)

6. Leo Grady, "Random walks for image segmentation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, no. 11 (2006), pp. 1768-1783, 2006.
7. Vamsi Kiran Adhikarla, Péter Tamás Kovács, Attila Barsi, Tibor Balogh, and Péter Szolgay, "View Synthesis for Lightfield Displays Using Region Based Non-Linear Image Warping," *International Conference on 3D Imaging*, 2012.
8. "Discrete Cosine Transform", Wikipedia. Available at:
http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_cosine_transform
9. "Histogram Matching", Wikipedia. Available at:
http://en.wikipedia.org/wiki/Histogram_matching
10. <http://holografika.com/>

Лаборатория компьютерной графики и мультимедиа



Видеогруппа — это:

- Выпускники в аспирантурах Англии, Франции, Швейцарии (в России в МГУ и ИПМ им. Келдыша)
- Выпускниками защищены 5 диссертаций
- Наиболее популярные в мире сравнения видеокодеков
- Более 3 миллионов скачанных фильтров обработки видео